



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2017/2018

Nº de proyecto: 81

Título del proyecto:

El enfoque STEM en la Formación Inicial de Maestros:

pilas de combustible microbióticas

Nombre del responsable del proyecto:

Juan Peña Martínez

Centro:

Facultad de Educación – Centro de Formación del Profesorado

Departamento:

Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

En la Unión Europea existe un compromiso firme para conseguir la mejor educación de sus futuros ciudadanos, como se explicita en la Declaración de 25 Marzo de 2017¹, lo que ha dado a lugar a un Plan de Acción de Educación Digital². Se ha propuesto revisar el marco de referencia de las competencias clave, además de paliar las diferencias que existen entre y dentro de los estados miembros en cuanto a infraestructuras y habilidades “digitales” que tienen una repercusión directa en la actual brecha de género en estudios relacionados con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y las materias de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM). En definitiva, se sugiere introducir en la intervención educativa experiencias reales, proyectos, nuevas herramientas, materiales y recursos didácticos. No obstante, las competencias adquiridas por los docentes para motivar a los estudiantes a explorar, construir y aplicar conceptos a tenor de metodologías propias de las ciencias, las tecnologías, las ingenierías y las matemáticas, son también claves para una correcta aplicación de dichos enfoques en los centros escolares. Por lo tanto, los futuros maestros de Educación Primaria deben estar preparados para afrontar su docencia en una atmósfera cada vez más tecnológica³.

Con el proyecto, descrito en esta memoria, se ha pretendido aumentar la presencia de contenido tecnológico en las prácticas experimentales de carácter presencial de la asignatura de *Fundamentos y Didáctica de Física* - Grado en Maestro en Educación Primaria - que cursa el grupo bilingüe de la Facultad de Educación – Centro de Formación del Profesorado. Para ello, se ha empleado un enfoque CTIM o STEM (acrónimo en inglés de science, technology, engineering and mathematics) que es un modelo de enseñanza interdisciplinar que pretende involucrar a los estudiantes en problemas del mundo real a través de actividades contextualizadas con un alto contenido experimental. Los educandos desarrollan competencias para comprender y analizar los problemas además de usar el conocimiento, razonar, modelar, explicar, criticar y comunicar⁴. Es decir, aprenden experimentando, diseñando y creando (habilidades cognitivas de orden superior).

1 <https://europa.eu/european-union/file/22720/>

2 https://ec.europa.eu/education/initiatives/european-education-area/digital-education-action-plan_es

3 Pedró, F. (2015). Tecnología para la mejora de la educación. Recuperado de: <http://www.mecd.gob.es/dctm/cee/el-consejo/documentos/docbasico2015semeducasantillana.pdf?documentId=0901e72b81cae7ab>

4 Reconceptualizing STEM Education. Ed. R.A. Duschl and A.S. Bismack. Routledge Taylor & Francis Group. 2016, NY.

A tenor de lo anterior, los objetivos específicos para el proyecto son:

1. Diseñar y elaborar un conjunto de actividades experimentales, con su correspondientes guías, para la asignatura de *Fundamentos y Didáctica de la Física* del grupo bilingüe de la Facultad de Educación – Centro de Formación del Profesorado, siguiendo un enfoque STEM, incorporando para ello, en función de los contenidos a desarrollar, medios tecnológicos y digitales que puedan ser utilizados en cualquier centro escolar. Para la fase de presentación en el tema de electricidad/electrónica, se pretende introducir las pilas de combustible MFC (acrónimo en inglés de microbial fuel cell) diseñadas en base a la columna de Winogradsky.^{5,6}
2. Implementar las actividades durante el primer semestre del curso 2017/18 en el laboratorio de Física de la Facultad de Educación.
3. Efectuar una encuesta de satisfacción de los estudiantes para recabar la percepción de los mismos sobre la introducción de más medios tecnológicos en la parte experimental de la asignatura.
4. Establecer un plan de revisión de las actividades y sus correspondientes materiales, al objeto de mejorarlas y actualizarlas. En un primer momento, al ser el grupo bilingüe de la Facultad de Educación el objeto de la intervención educativa, era evidente que había que llegar a un equilibrio en la formación de carácter tecnológico y la formación como futuros maestros de ciencias en lengua extranjera. Se ha optado ahora por dedicar toda la atención a la adquisición de competencias STEM y a tenor de los resultados revisar la propuesta didáctica.
5. Divulgar el material elaborado. Además de posibles comunicaciones a congresos y/o seminarios de especialistas en innovación docente, se dispone de un sitio Web del grupo-clase, que tiene un enlace con la página de la Facultad de Educación, lo que ayudaría a publicitar aún más el trabajo del grupo bilingüe, en consonancia con el plan vigente de la UCM sobre la internacionalización de la docencia. La propuesta didáctica puede ser atractiva para estudiantes de otros países que mediante el programa Erasmus pudieran decidir continuar su formación en nuestra Universidad.

5 López Pérez, J.P. (2008). La columna de Winogradsky. Un ejemplo de microbiología básica en un laboratorio de Educación Secundaria. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien. 5(3), 373-376.

6 Scientific American (2013). Soil Science: Make a Winogradsky Column. A microbe – dependent demonstration from Science Buddies. Recuperado de: <http://www.scientificamerican.com/article/bring-science-home-soil-column/>

2. Objetivos alcanzados

Los objetivos propuestos (punto 1) se han cumplido en toda su extensión. Se ha diseñado un conjunto de actividades donde se han introducido progresivamente las plataformas Raspberry Pi⁷ y Arduino⁸ (1º objetivo). En la etapa previa del tema de electricidad se han introducido las pilas MFC, que no se llegaron adquirir comercialmente por problemas de carácter administrativo, optando finalmente por fabricarlas en el laboratorio como una actividad práctica en la asignatura *Investigación, Innovación y Diseño Curricular en la Didáctica de la Física y la Química* del Máster de Formación de Profesorado de Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (MFPS) de la UCM, curso 2017/18, impartida por el investigador responsable del proyecto. El hilo conductor sería la energía sostenible, y por tanto se pretendía mostrar que es posible trabajar de manera significativa los fundamentos científicos y tecnológicos de la obtención de energía en beneficio de una educación ambiental eficiente y consecuente con el desarrollo sostenible. Es en este contexto donde tienen cabida las pilas MFC, dispositivos que generan corriente eléctrica a partir del metabolismo natural de ciertos microorganismos. Un recurso que puede adaptarse a cualquier nivel educativo y ya recomendado para Educación Secundaria⁹. Para el presente proyecto el propósito de utilizar las pilas MFC es concienciar de una manera dinámica y atractiva a los futuros maestros de Educación Primaria sobre la importancia de la ciencia y tecnología en la consecución de un desarrollo sostenible. Que sean conscientes de la importancia de la actividad científica para el conjunto de la sociedad, y la importancia que tendrá su formación actual de cara a fomentar en sus futuros estudiantes una vocación científica mediante el contacto con la práctica experimental. Sin solución de continuidad, como etapa de síntesis, los estudiantes han planteado proyectos potenciales, en un entorno STEM, donde se pudiera emplear la plataforma Arduino y/o Raspberry Pi, haciendo hincapié en las ventajas e inconvenientes de introducir dicha tecnología en Educación Primaria. Por ejemplo, según un informe reciente de la OCDE, existe una brecha real de género en cuanto el rendimiento escolar debido a las actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje y a la confianza que tienen en sus propias habilidades¹⁰. Si se emplea un enfoque STEM desde los primeros

7 <https://www.raspberrypi.org/>

8 <https://www.arduino.cc/>

9 <http://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/view/58367>

10 OCDE (2015), *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence*.

niveles educativos se puede impulsar el interés natural tanto de los niños como de las niñas hacia la ciencia y la tecnología, y se puede disminuir drásticamente esa diferencia de género que existe en las materias relacionadas con las ciencias y matemáticas. Sin embargo, hasta la fecha los futuros maestros de Educación Primaria no habían recibido formación específica alguna para diseñar actividades STEM o similar, lo que podría limitar su futuro trabajo docente, donde cada vez, se quiera o no¹¹, la influencia del entorno digital y tecnológico va a ser mayor. Por tanto, la introducción del anterior enfoque en su formación inicial, es con toda certeza un acierto, como así lo revela la encuesta de satisfacción de los alumnos (3º objetivo). A pesar de las dificultades de carácter burocrático para la adquisición de las pilas MFC comerciales, que derivaron en su preparación en el laboratorio, las actividades experimentales se han desarrollado con normalidad (2º objetivo). Se está procediendo a la revisión de las actividades (4º objetivo) porque además de tener que preparar a los estudiantes del grupo bilingüe para afrontar su docencia en un entorno cada vez más tecnológico, éstos deben desarrollar habilidades sociales y de comunicación (incluyendo competencia en lenguas extranjeras). Para esto último, se sugiere introducir el Aprendizaje Integrado de Contenidos y Lenguas Extranjeras (AICLE, CLIL en inglés). Un enfoque CLIL resulta beneficioso tanto para el aprendizaje de lenguas extranjeras como para las asignaturas impartidas en dichas lenguas debido al énfasis de esta metodología en la resolución de problemas y en el saber hacer, lo que incide en que los estudiantes se sientan más motivados para aprender. Por tanto, el reto futuro es reelaborar las actividades experimentales en base a ambos enfoques: STEM y CLIL. Finalmente, respecto al 5º objetivo, sobre la divulgación del proyecto, por un lado, existe información disponible sobre el mismo en la página web¹² del investigador responsable del proyecto, accesible también a través de un enlace en la página de la Facultad de Educación¹³. Por otro lado, la propuesta didáctica se ha compartido en las I Jornadas Juan Carlos Ruiz Morales (ULL, Tenerife), el V Congreso de Docentes de Ciencias (Facultad de Educación, UCM), III edición del Seminario UCM “Retos y Oportunidades del Aula Internacional”, XII Seminario Interdisciplinar Género y Sociedad (Facultad de Educación, UCM) y IV Reunión Nacional de Docencia y Difusión de la Microbiología (Facultad de CC. Geológicas, UCM).

11 <https://www.elpais.com.uy/mundo/celulares-francia-prohibe-telefonos-moviles-escuelas-publicas.html>

12 <https://www.ucm.es/juanpena/bilingual-group-mbl>

13 <https://educacion.ucm.es/bilingue-edu-actividades-de-los-departamentos>

3. Metodología empleada en el proyecto

Cada sesión de laboratorio contemplaba tres etapas diferenciadas: presentación y/o contacto, desarrollo experimental y síntesis.

En la primera etapa se utilizaron presentaciones multimedia diseñadas y elaboradas para el grupo de estudiantes objeto de la intervención mediante aplicaciones informáticas como Keynote, PowerPoint, Piktochart, iMovie y Edpuzzle. Además de las presentaciones se realizaron experiencias sencillas, prácticas y contextualizadas a modo de ejemplo para todo el grupo, según el tema de Física a tratar (cinemática, dinámica, etc.). Por ejemplo, merece especial atención la utilización en la parte de electricidad/electrónica de las pilas MFC. Todas las presentaciones y hojas de trabajo estaban disponibles en una pizarra digital (Padlet), figura 1, accesible a través de la página web del profesor responsable de las prácticas¹⁴

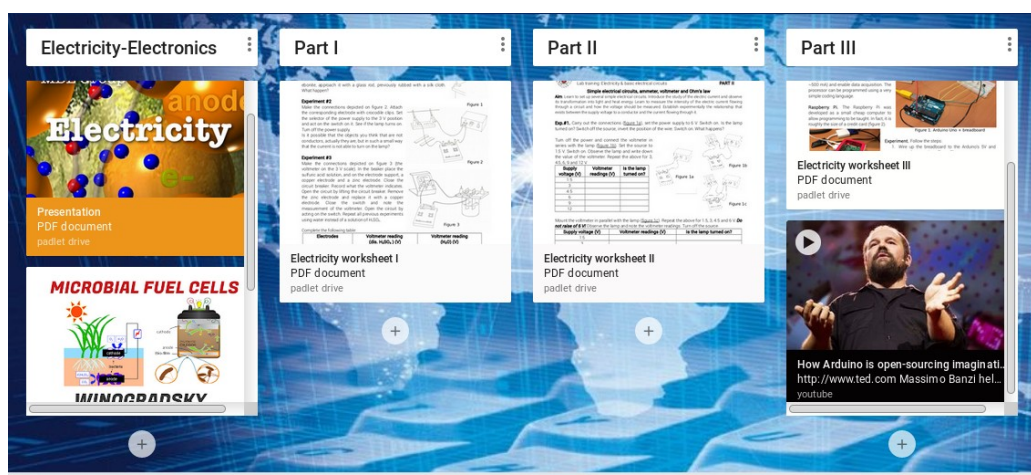


Figura 1. Captura de pantalla de la pizarra digital (Padlet) de la clase, tema Electricidad/electrónica.

En la etapa de desarrollo se llevaron a cabo las actividades en grupos de trabajo (acorde con el aforo del laboratorio y material disponible). Las interacciones entre los estudiantes y el formador durante las experiencias fueron las necesarias de cara a facilitar una correcta retroalimentación. Finalmente, como etapa de síntesis, los estudiantes tenían que realizar un informe sobre el trabajo experimental realizado, que debía estar a su vez disponible en su propio tablón digital. En este informe además había que incluir una reflexión crítica y constructiva desde el punto de vista didáctico, teniendo en cuenta los recursos tecnológicos empleados. El profesor responsable ha añadido sus comentarios y sugerencias del informe en el propio tablón de los estudiantes. Así, todos los miembros del grupo han tenido acceso a los mismos y han podido autoevaluarse.

14 <https://www.ucm.es/juanpena/physics>

4. Recursos humanos

El grupo de trabajo está constituido por un técnico de laboratorio y varios profesores e investigadores del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas (Facultad de Educación – Centro de Formación de Profesorado), que imparten directamente la asignatura objeto de este proyecto, *Fundamentos y Didáctica de la Física* (grupo bilingüe), o tienen una relación directa con asignaturas afines del mismo área de conocimiento. El equipo se ha reforzado con una profesora de la Facultad de Ciencias Químicas con experiencia en diseño de proyectos didácticos dirigidos a estudiantes de alta capacidades y un estudiante del grupo bilingüe que ha cursado la asignatura en el año académico 2016/17, ofrecido una valiosa información respecto la opinión de los estudiantes sobre el trabajo experimental llevado a cabo en su momento y como poder reelaborar las prácticas para aplicar el nuevo enfoque STEM. Asimismo, los alumnos del MFPS de la UCM, especialidad de Física y Química, han preparado las pilas MFC, ver figura 2, bajo la supervisión del investigador responsable del proyecto, con experiencia en proyectos tecnológicos de preparación y caracterización (estructural y electroquímica) de pilas de combustible¹⁵.

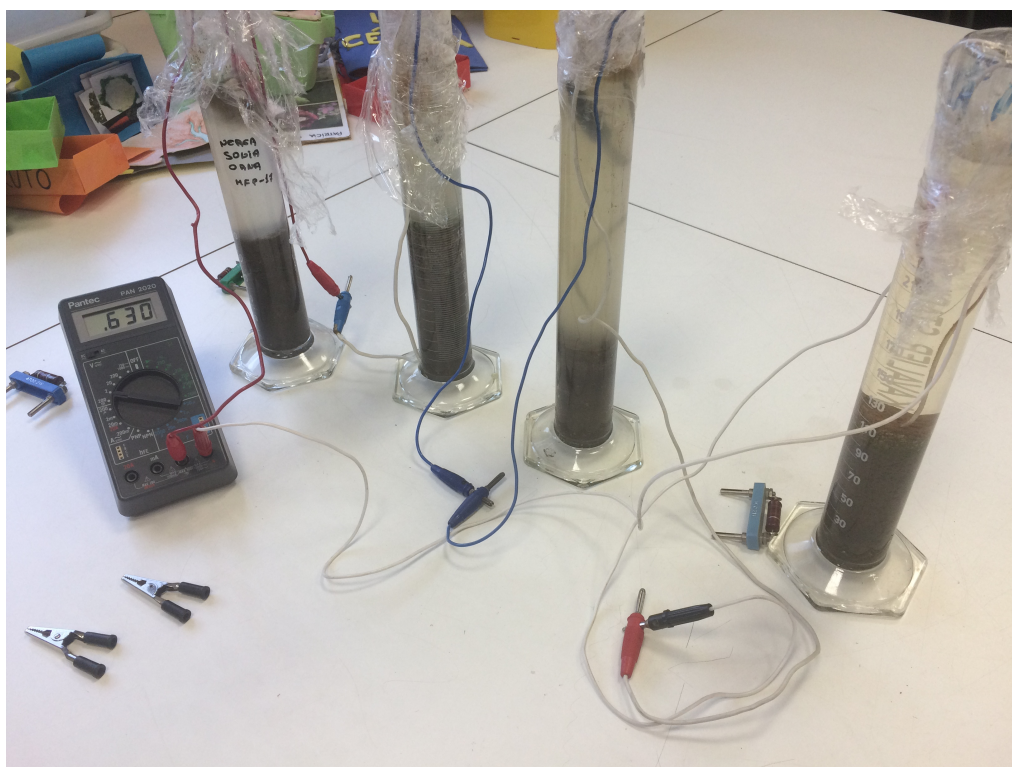


Figura 2. Pilas MFC conectadas en serie. Lectura en el multímetro: 630 mV

15 <https://www.ucm.es/juanpena/investigacion>

5. Desarrollo de las actividades

El cronograma establecido en la solicitud del proyecto se modificó ligeramente debido a la demora para la adquisición de las tarjetas electrónicas, y a la dificultad de adquisición de los kits comerciales de las pilas MFC, que finalmente se realizaron en el laboratorio por parte de los estudiantes del MFPS (figura 2). No obstante, el desarrollo de las acciones establecidas para el cumplimiento de los objetivos del proyecto ha sido el siguiente:

Primera fase: elaboración de los recursos multimedia y los materiales para las actividades previas de contacto y presentación del material (figura 3).

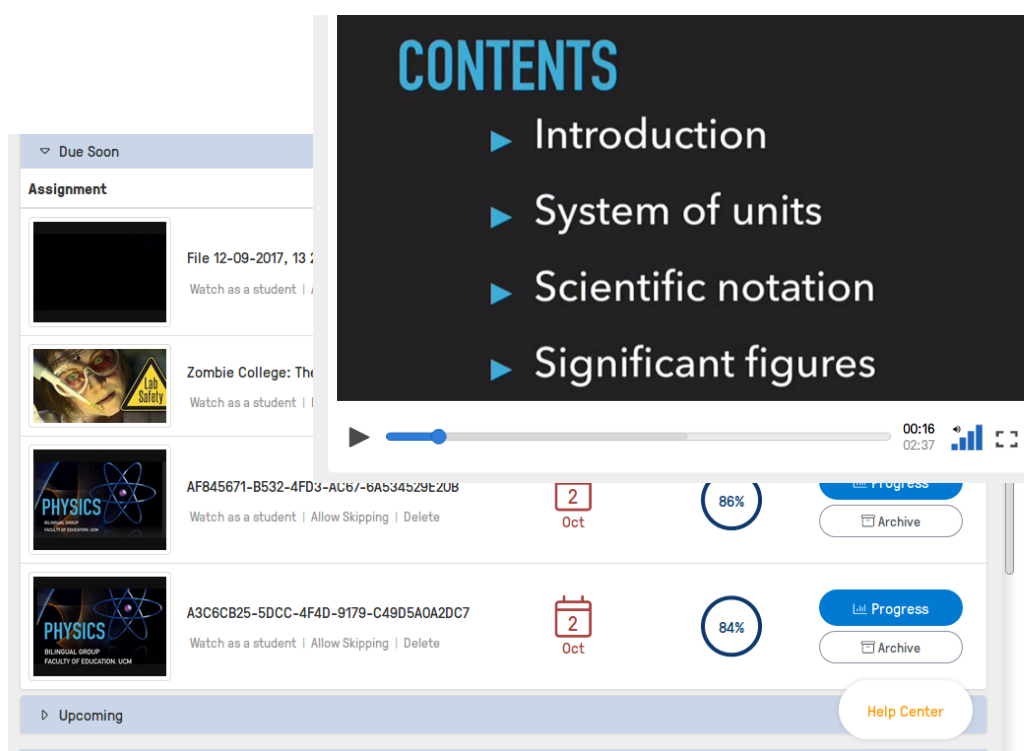


Figura 3. Captura de pantalla de un video preparado para ser explotado mediante EdPuzzle.

En el tema de electricidad/electrónica, es donde mayor incidencia de la tecnología se ha hecho evidente. Además de las tarjeta Arduino y Raspberry Pi, se habían preparado, como ya se ha mencionado con anterioridad, varias pilas MFC para presentarlas al alumnado como dispositivos bioeléctricos, donde gracias al metabolismo natural de microorganismos se genera una corriente eléctrica. Dichas pilas (figura 2) se preraron in situ en el laboratorio de Física (ver punto 4) partiendo del diseño de la columna de Winogradsky^{5,6} variando la fuente de carbono y azufre.

Segunda fase: elaboración de las guías didácticas de las actividades que conformaron la etapa de desarrollo experimental, disponibles en el tablón digital de clase (figura 1), junto videos de apoyo, presentaciones, material previo de trabajo, etc., actualizado según el tema a tratar en la sesión de laboratorio correspondiente. El tablón a su vez es accesible desde la página web del grupo bilingüe (figura 4).

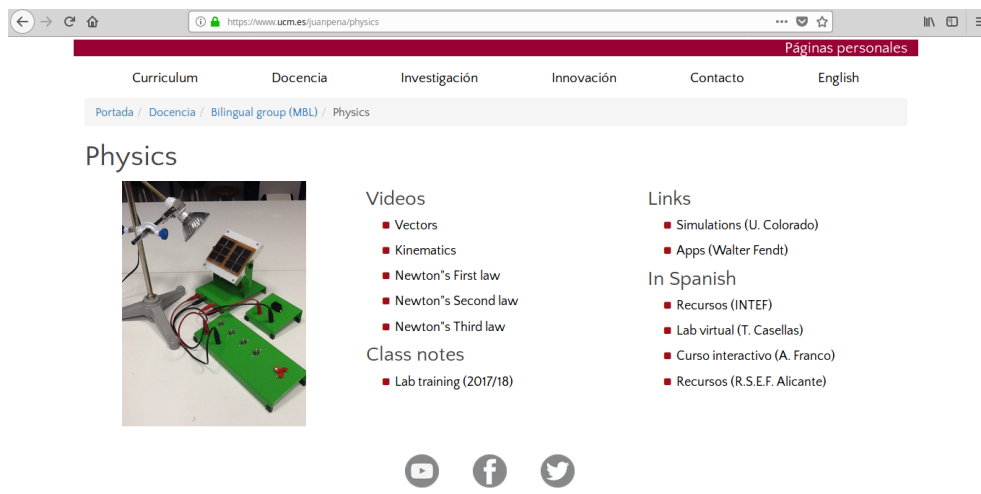


Figura 4. Página web del grupo bilingüe: parte de Física (Physics)¹⁴.

Tercera fase: Implementación de las actividades (figura 5). Teniendo en cuenta el aforo del laboratorio de Física del Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, el grupo total de alumnos (35) fueron divididos en 6 subgrupos, cada uno de los cuales crearon su propio tablón digital, donde se incorporaron los resultados experimentales, informes y propuesta de proyecto tecnológico a partir de la actividad realizada con Arduino y Raspberry Pi (figura 6).



Figura 5. Alumnos del grupo bilingüe desarrollando las prácticas de Física

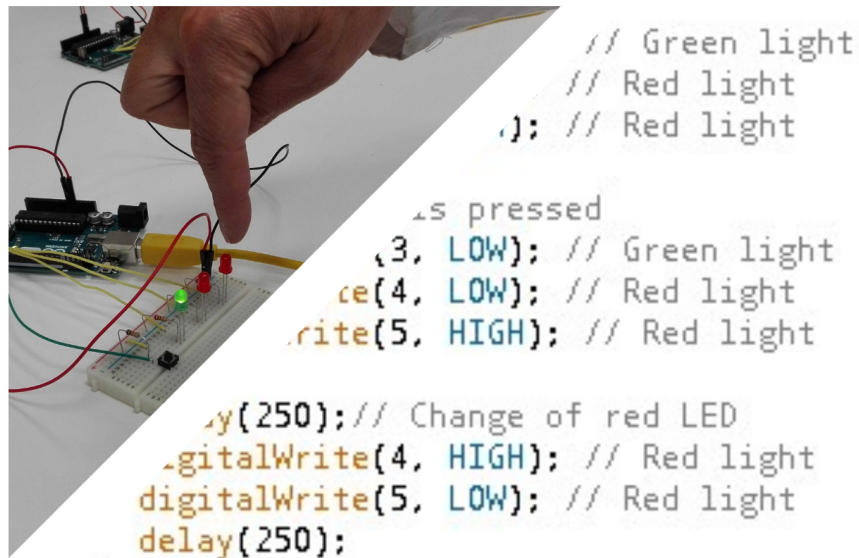


Figura 6. Práctica con la tarjeta Arduino controlada mediante Raspberry Pi.

Cuarta fase: la satisfacción de los estudiantes (que resultó positiva) fue evaluada mediante un cuestionario en línea¹⁶ creado con google forms, y tras su análisis (figura 7) se ha difundido la experiencia a través de la página web del grupo bilingüe¹⁷, y diferentes jornadas, seminarios y congresos de docentes y especialistas en innovación educativa.

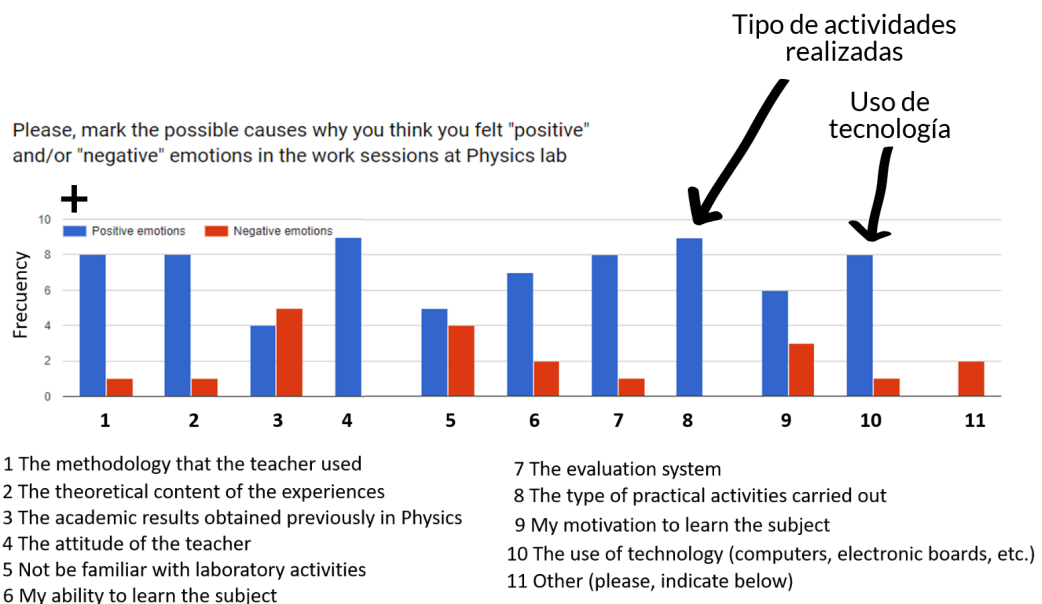


Figura 7. Causas de la emociones positivas (azul) o negativas (rojo) experimentadas por los alumnos.

16 <https://goo.gl/forms/PCjBGZ1aOF5Gg5Ck2>

17 <https://create.piktochart.com/output/29231167-innovation-proyect-2017>